

AmáBILE Cabral

ANÁLISE DE DOIS MÉTODOS DE COLETA DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NOS RIOS CÓRREGO GRANDE E ANA D'ÁVILA

Florianópolis
2018



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental

Amábile Cabral

**Análise de dois métodos de coleta de sedimentos em suspensão nos
rios Córrego Grande e Ana D'ávil**

Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para a Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Orientador: Nádia Bernardi Bonumá

Coorientador: Vanderléia Schmitz

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cabral, Amábile

Análise de dois métodos de coleta de sedimentos em suspensão nos rios Córrego Grande e Ana D'ávila / Amábile Cabral ; orientador, Nádia Bernardi Bonumá, coorientador, Vanderléia Schmitz, 2018.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Amostragem de Sedimentos. 3. Hidrossedimentos. 4. Sólidos Suspensos. I. Bonumá, Nádia Bernardi. II. Schmitz, Vanderléia. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Amábile Cabral

Análise de dois métodos de coleta de sedimentos em suspensão nos rios Córrego Grande e Ana D'ávila

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.

Florianópolis, 27 de junho de 2018.



Profª. Dra. Nádía Bernardi Bonumá
(Orientadora)



Engª. Vanderléia Schmitz
(Coorientadora)

Banca Examinadora:



Profª. Dra. Patrícia Kazue Uda



Profª. MSc. Simone Malutta

Dedico esta e as demais conquistas à minha mãe, Adiles Maria Cardoso, que sempre apoiou e continua apoiando meus estudos, além de me fornecer amor e carinho de forma incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus familiares que se fizeram presentes neste período desgastante e cheio de descobertas, principalmente à minha mãe, Adiles Maria Cardoso, irmãos, Evandro Carlos Guarda e Edivan João Guarda, e cunhada Silvana Vaz Pinheiro que sempre me deram apoio e incentivo nas horas difíceis.

Agradeço a amiga e parceira de estudos Francielly da Rosa, que encontrei no curso e pretendo levar por toda a vida.

Agradeço a minha orientadora Nádia Bernardi Bonumá, e co-orientadora Vanderléia Schmitz por me apresentarem este ‘novo mundo’ que é o estudo do sedimento, pela grande ajuda e paciência durante a elaboração deste trabalho.

Sou grata também ao Mauro Luis Borsoi Britto, que me estimulou a seguir na academia, ajudou a manter minha mente sã e não me deixar abater pelo cansaço.

Por fim, sou grata a todos que de alguma forma contribuíram nesta etapa de minha vida.

RESUMO

Os sólidos suspensos presentes em um corpo hídrico, estão diretamente associados à qualidade da água, pois neles, podem estar adsorvidos poluentes e patógenos relacionados ao uso e ocupação da bacia. Existem formas padronizadas de realizar a amostragem para a coleta da mistura água-sedimento no corpo hídrico para a análise de sólidos suspensos. As coletas diferem, além da maneira de realização, no tipo de mão de obra, no custo, e no tempo de execução. Este trabalho teve por objetivo analisar duas metodologias para coleta de sedimentos: a coleta pontual, realizada em margem, e a coleta por integração, realizada em verticais do corpo hídrico, nas estações hidrológicas dos rios Córrego Grande e Ana D'Ávila, em Florianópolis, bem como, avaliar a possibilidade e utilização da coleta pontual em margem, para o parâmetro de sólidos suspensos, por meio de sua relação com os resultados obtidos pela coleta de integração vertical. As coletas de amostras de sedimentos fluviais em suspensão nas estações hidrológicas dos rios, e suas respectivas análises, foram realizadas entre agosto de 2017 e janeiro de 2018. Constatou-se que a melhor relação entre as coletas realizadas em verticais e em margem para os rios Córrego Grande e Ana D'Ávila seguem comportamento potencial, e apresentam coeficiente de determinação (r^2) de 0,667 e 0,533, coeficiente de correlação de Pearson (r) de 0,812 e 0,730 para cada relação respectivamente. Porém, a quantidade de dados obtidos foi insuficiente para a construção de uma relação confiável, com um erro associado ao tamanho de amostra de 27,7% para o rio Córrego Grande e 35,6% para o rio Ana D'Ávila.

Palavras-chave: Amostragem de Sedimentos. Hidrossedimentos. Sólidos Suspensos.

ABSTRACT

The suspended solids present in the hydrous body are directly associated to the water quality, because they can be adsorbed pollutants and pathogens related to the use and occupation of the basin. There are standardized ways of performing the sampling for collecting the sediment water mixture in the hydrous body for the analysis of suspended solids. Collections differ, in addition to the manner of achievement, in the type of labor, in the cost and in the time of execution. The objective of this term paper is to analyze two methodologies for sediment collection, which are punctual collection performed in the margin and the collection by vertical integration of the hydrous body, in the hydrological stations located in the rivers Córrego Grande and Ana D'Ávila, in Florianópolis, and to evaluate the possibility of the use of the punctual collection in margin for the parameter of suspended solids by means of its relation with the results obtained by the collection of vertical integration. The collection of samples of fluvial sediments in suspension at the hydrological stations of the Córrego Grande and Ana D'ávila rivers and their respective analyzes were carried out between August 2017 and January 2018. It was verified that the best relation between the collections realized in verticals and in the margin for the rivers Córrego Grande and Ana D'ávila follow potential behavior, present coefficient of determination (r^2) of 0,667 and 0,533, Pearson correlation coefficient (r) of 0.812 and 0.730, for each ratio respectively. However, the amount of data obtained was few for the construction of a reliable relationship, with an error associated with the sample size of 27,7% for the Córrego Grande river and 35,6% for the Ana D'ávila river.

Keywords: Sediment Sampling. Hydrosediments. Suspended Solids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama da distribuição da velocidade, da concentração de sedimento e da descarga sólida na seção transversal do curso de água.	17
Figura 2- Localização das Sub-bacias dos rios Córrego Grande e Ana D'ávila.....	24
Figura 3 - Vista montante e jusante do rio Córrego Grande.....	25
Figura 4 - Vista montante e jusante do rio Ana D'ávila.	25
Figura 5 - Coletor utilizado para amostragem.	26
Figura 6 - Indicação dos pontos de coleta (em rosa) na seção transversal do rio.	27
Figura 7 - Coleta realizada por integração vertical	28
Figura 8 - Realização da coleta em margem no rio Córrego Grande. ...	29
Figura 9 - Realização da coleta realizada em margem no rio Ana D'ávila.	29
Figura 10 - (a) Membrana na estufa e (b) Membrana no dessecador	30
Figura 11 - (a) Amostra sendo filtrada e (b) Membrana filtrada sendo pesada.....	30
Figura 12 - Aspecto da membrana anterior e posterior à filtração.	30
Figura 13 - Relações de Css para estação do rio Córrego Grande com ajustes: a)linear b)polinomial de segundo grau c)exponencial d)potencial	40
Figura 14 - Relações de Css para a estação do rio Ana D'ávila com ajustes: a)linear b)polinomial de segundo grau c)exponencial d)potencial.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação das correlações de acordo com o valor de r ...	21
Quadro 2 - Critérios de interpretação do valor de c	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados obtidos pelas campanhas realizadas no rio Córrego Grande.....	33
Tabela 2 - Dados obtidos pelas campanhas realizadas no rio Ana D'ávila.	34
Tabela 3 - Dados considerados para a efetuação das relações de Css no rio Córrego Grande.....	35
Tabela 4 - Dados considerados para a efetuação das relações de Css no rio Ana D'ávila.	35
Tabela 5 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste linear para o rio Córrego Grande.....	36
Tabela 6 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste polinomial de segundo grau para o rio Córrego Grande.	37
Tabela 7 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste exponencial para o rio Córrego Grande	38
Tabela 8 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste potencial para o rio Córrego Grande	38
Tabela 9 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste linear para o rio Ana D'ávila	41
Tabela 10 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste polinomial de segundo grau para o rio Ana D'ávila	42
Tabela 11 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste exponencial para o rio Ana D'ávila	43
Tabela 12 - Dados considerados para a efetuação da relação potencial de Css e suas diferenças em porcentagens no rio Ana D'ávila.....	43
Tabela 13 - Resumo dos dados obtidos referente as relações de Css para o rio Córrego Grande.....	46
Tabela 14 - Resumo dos dados obtidos referentes as relações de Css para o rio Ana D'ávila.	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1. Objetivo geral.....	15
1.1.2. Objetivos específicos.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 O SEDIMENTO NO CORPO HÍDRICO	16
2.2 AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS	17
2.3 ANÁLISE LABORATORIAL.....	18
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE SEDIMENTOS EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	19
2.5 AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS AMOSTRAGENS	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	22
3.2 AMOSTRAGEM DE SÓLIDOS SUSPENSOS	26
3.2.1 Amostragem composta para a realização da coleta	26
3.2.2 Amostragem para coleta realizada na margem.....	28
3.3 ANÁLISE LABORATORIAL DE SÓLIDOS SUSPENSOS	29
3.4 ANÁLISE DE ERRO ASSOCIADA AO TAMANHO DA AMOSTRA	31
3.5 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS ADOPTADOS PARA AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE A EQUAÇÃO DE AJUSTE E OS DADOS OBTIDOS.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 AMOSTRAGENS REALIZADAS DE MANEIRA COMPOSTA E NA MARGEM PARA DETERMINAÇÃO DA CSS PARA OS RIOS Córrego Grande e Ana D'Ávila	32
4.2 CONSTRUÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE CSS PARA O RIO Córrego Grande.....	36

4.3 CONSTRUÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE CSS PARA O RIO ANA D'AVILA.....	41
4.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS	46
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO A – Ficha de coleta de amostra de água	52
ANEXO B – Protocolo da UFSC para análise de sólidos suspensos	53
ANEXO C – Ficha de análise laboratorial	55

1. INTRODUÇÃO

No estudo de uma bacia hidrográfica, conhecer o comportamento, a qualidade e a quantidade de sedimentos transportados nos corpos hídricos dessa são de suma importância, pois estes fatores influenciam nos possíveis usos de seus recursos hídricos (Vanoni, 1977).

A maneira como é realizada a coleta de amostras para análise em laboratório, de qualquer parâmetro físico-químico, pode influenciar nos resultados obtidos nessa. Com relação à coleta de amostras de água para a análise de sedimentos, são encontradas na literatura algumas recomendações para sua realização.

Neste trabalho, foram utilizadas a amostragem executada em um ponto na margem do corpo hídrico, cuja coleta é mais simples, por não necessitar de equipamentos complexos ou mão de obra qualificada. O tempo necessário para a realização da atividade é menor quando comparado a outras coletas, pois é mais fácil o procedimento da coleta em si, visto que não é necessária a entrada no corpo hídrico. Tais fatores reduzem o custo deste procedimento. E, a amostragem realizada em alguns pontos determinados, chamada de composta, de uma seção transversal do corpo hídrico, onde são escolhidos alguns pontos na seção, de acordo com suas características. As amostras foram coletadas separadamente em toda a vertical dos pontos selecionados, e em seguida foram misturadas, formando apenas uma amostra.

O presente trabalho está inserido dentro da linha de estudo do Núcleo de Estudos da Água (NEA) em conjunto com os Laboratórios de Hidrologia (LabHidro) e Hidráulica (LabHidra) da Universidade Federal de Santa Catarina através dos projetos “Hidrologia ambiental em cursos d’água urbanos – bacia do Córrego Grande” e “Modelagem dinâmica de sistemas aplicada à gestão de sólidos totais na bacia do Córrego Grande – SC”, que tem por objetivo a compreensão da influência dos processos de urbanização relacionados à quantidade e qualidade de água, em uma bacia urbana, de modo que auxilie nas ações de controle de cheias e revitalização do corpo hídrico. Isso, por meio da caracterização dos processos hidrossedimentológicos, monitoramento da qualidade de água, assim como sua relação com o uso e ocupação do solo da bacia. (NEA, [201-]).

O trabalho foi realizado a partir de campanhas que consistiam nas coletas de mistura água-sedimento e análise laboratorial das amostras coletadas nos rios Córrego Grande e Ana D’ávila. A partir dos dados obtidos com as campanhas foi verificado se há relação entre os dois tipos de amostragem de sólidos suspensos.

As sub-bacias relacionadas a cada rio, apesar de serem próximas, apresentam características distintas quanto ao uso e ocupação do solo, a sub-bacia do Córrego Grande foi mais explorada neste parâmetro enquanto que a do rio Ana D'ávila apresenta maior preservação de áreas verdes, isso pode influenciar na quantidade de sedimentos carreados ao corpo hídrico, além de indicar qual sub-bacia é mais suscetível a desastres, como o desmoronamento, alagamento e assoreamento de seu curso d'água.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho proposto foi analisar duas metodologias para coleta de sedimentos nas estações hidrológicas localizadas nos rios Córrego Grande e Ana D'ávila, em Florianópolis.

1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar as amostragens na margem e composta, e análises laboratoriais para determinação da concentração de sedimentos em suspensão, em diferentes cotas nos rios Córrego Grande e Ana D'ávila;
- Construir relações entre as amostragens para as estações Córrego Grande e Ana D'ávila;
- Analisar a representatividade de amostras coletadas na margem com relação as amostras coletadas na seção do rio (composta) para o parâmetro de sólidos suspensos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Existem duas maneiras padronizadas de realizar a coleta para a análise do parâmetro sólidos suspensos de um corpo hídrico. Para escolher a forma a ser utilizada, deve-se levar em consideração os recursos disponíveis para a realização da tarefa (mão de obra, verba disponível, tempo), e as características do corpo hídrico em questão. Portanto, quanto mais equipamentos específicos necessários, provavelmente, precisará de mão de obra mais qualificada, e maior será o tempo e o investimento para a coleta das amostras. Nesse sentido, é interessante avaliar a possibilidade de utilizar um modo mais simples de

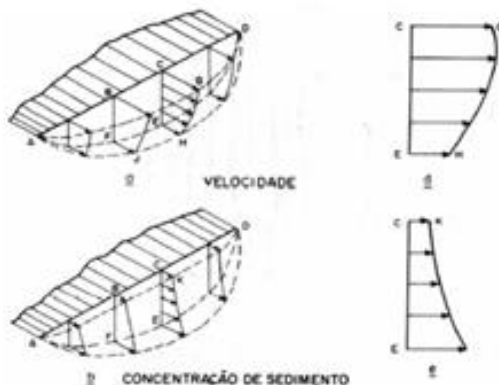
coleta, mas que viabilize resultados confiáveis das análises realizadas, pois, dessa forma, se torna mais acessível o estudo do parâmetro para o corpo hídrico.

2.1 O SEDIMENTO NO CORPO HÍDRICO

No corpo hídrico, os sedimentos são encontrados em várias granulometrias. Normalmente, regiões próximas à nascente apresentam sedimentos mais grosseiros, como fragmentos de rocha, nos trechos posteriores se encontram partículas providas da erosão no leito, e nas margens do rio, seu tamanho varia entre areia e argila (POLETO, 2007). Além dessas partículas, Walling (2008) expõem que os sedimentos podem adsorver poluentes e patógenos, relacionados ao uso e ocupação da bacia hidrográfica em que o corpo d'água está inserido. Portanto os sedimentos afetam diretamente a qualidade da água do rio e seus potenciais usos.

Dependendo de sua granulometria e velocidade do escoamento, parte dos sedimentos se depositam ao longo do corpo hídrico, e outra parte, continua sendo carregada, sendo chamados de sedimentos depositados e sedimentos em suspensão, respectivamente. Os depositados, que contém partículas mais grossas, têm sua concentração aumentada próximo ao fundo do leito; os em suspensão, que são formados em sua maioria por partículas finas, como siltes, argilas e pouca quantidade de partículas grossas, como a areia, têm uma distribuição mais uniforme na vertical. Em regimes de maiores velocidades, há mais turbulência no escoamento causando um aumento nos sedimentos em suspensão (CARVALHO et al., 2000). Por conta deste comportamento, Vestena, Lucini, Kobiyama, ([20--]) e Santos (2001) declaram que geralmente, há menores concentrações de sedimentos nas margens. Tal comportamento é ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Diagrama da distribuição da velocidade, da concentração de sedimento e da descarga sólida na seção transversal do curso de água.



Fonte: Adaptado de Carvalho (2008).

2.2 AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS

Existem alguns métodos para determinar a concentração dos sedimentos em suspensão de um rio que podem ser realizados de maneira direta, *in situ*, onde se consegue imediatamente a quantificação da concentração, ou de maneira indireta, onde se deve passar por alguns processos para a quantificação. O trabalho se inicia em uma estação hidrológica onde é necessário obter o registro ou realizar a medição de nível, de velocidade de escoamento, coleta de amostras de água, entre outros (CARVALHO et al., 2000). A frequência em que ocorre a amostragem tem relação com características da bacia hidrográfica, além de que a concentração do sedimento em suspensão aumenta em períodos úmidos, sendo importante sua amostragem mais frequente nesse intervalo (YUQIAN, 1989 apud CARVALHO et al., 2000).

Santos (2001), comenta que existem vários métodos de amostragem de sedimentos, que variam de acordo com o equipamento disponível para a realização da coleta.

Neste trabalho, dá-se ênfase nos equipamentos do tipo integradores, com bico, pontual por integração e integradores na vertical, ou em profundidade. Carvalho (2008), os define como sendo:

- Integradores: A amostra é coletada por alguns segundos e fica retida em um recipiente.

- Com bico: Dispositivo que contém garrafas, recipientes plásticos, entre outros e é portátil.
- Pontual por integração: Faz a coleta da amostra durante alguns segundos em um ponto de uma vertical.
- Integradores na vertical, ou em profundidade: Faz a coleta ao longo da vertical durante alguns segundos, em movimento constante, pode fazer em apenas um sentido (só descida, inicia a coleta na superfície e cessa no fundo do corpo hídrico), ou nos dois sentidos (faz a trajetória da superfície ao fundo, e em seguida do fundo a superfície).

Carvalho (2008) comenta que se deve realizar o processo de amostragem apenas na largura de água corrente, e cita algumas técnicas de amostragem do material em suspensão, entre elas a pontual instantânea e a pontual por integração na vertical ou em profundidade.

A amostragem pontual instantânea, resume-se na coleta de amostra em um ponto específico e estático de maneira direta. A mais utilizada é a amostragem por integração, onde a amostra é coletada em várias verticais da seção do rio durante um intervalo de tempo, normalmente acima dos 10 segundos. A escolha de algumas verticais torna a amostra mais representativa, visto que a distribuição dos sedimentos variam no rio, em sua largura e profundidade. A integração vertical pode ser realizada em apenas um, ou nos dois sentidos (subida e descida da vertical do corpo hídrico), à velocidade constante, e de maneira que o bico permaneça na horizontal, sem variação angular. A amostra constituída de água e sedimento fica retida no recipiente de coleta, este, por sua vez, deve evitar tocar o leito para que não colete sedimento de arrasto do rio. Nesse tipo de amostragem há uma zona não amostrada entre o bico do amostrador e o leito do rio (CARVALHO, 2008).

2.3 ANÁLISE LABORATORIAL

Para a determinação da concentração dos sedimentos em suspensão, após a coleta da amostra, deve-se filtrá-la *in situ*, caso haja mão de obra qualificada e equipamentos disponíveis, ou ser encaminhada a um laboratório para que se dê início às análises laboratoriais (CARVALHO et al., 2000).

Quando se adota o procedimento de coleta em campo e homogeneização das amostras para em seguida envia-las ao laboratório, Carvalho et al. (2000) expõem os procedimentos e cuidados necessários para a realização da análise laboratorial. São eles:

Antes da realização da campanha, deve-se fazer um pré-tratamento das membranas de filtração, constituídas de material inerte e com poros de no mínimo 0,45 μm para evitar colmatção. Deve-se pesar essas membranas e, em seguida, identificá-las e acondicioná-las em uma placa de Petri.

Ao finalizar a campanha, as amostras devem ficar acondicionadas fora da luz e do calor, em ambiente refrigerado, evitando o congelamento. Não utilizar conservantes, não realizar nenhum tratamento antes de sua análise laboratorial, devendo ser encaminhadas ao laboratório assim que possível, para evitar mudanças nas características.

No laboratório, a amostra deve ser filtrada nas membranas previamente pesadas e identificadas, que deverão ser encaminhadas à estufa a uma temperatura que varia entre 100 e 110°C, durante uma hora para sua secagem. Após a secagem, as membranas devem ser novamente pesadas, e a diferença entre o peso inicial da membrana antes da filtração e pós filtração, indica a concentração do material em suspensão relacionado ao volume filtrado. Faz-se as devidas conversões e se tem a concentração de sólidos suspensos, em mg/l. Deve-se levar em consideração ainda, que o método de análise utilizando a filtração só é efetivo quando a concentração de sólidos em suspensão não ultrapassa 200mg/l. Caso contrário, deve-se fazer a análise a partir da evaporação da amostra, evitando a colmatção das membranas.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE SEDIMENTOS EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com Merten et al. (2006), a curva-chave de sedimentos tem por objetivo fazer uma relação empírica entre a vazão (Q) e a descarga sólida. Normalmente, estima-se a carga sólida a partir da vazão verificada, e a confiabilidade do método depende dos dados utilizados para fazer a curva.

Segundo Bicalho (2006) apud Lopes et al. (2011), quando um rio apresenta o que se considera como mistura completa em relação à concentração de sedimentos em suspensão (concentração média das verticais pouco varia em relação a concentração média da seção), pode-se utilizar uma amostra pontual como representativa da concentração média da seção, pois o tempo gasto para a realização de uma medição por integração vertical, quando comparado a uma medição mais rápida, tem caráter danoso em situações onde o evento de cheia tem curta duração,

tornando difícil acompanhar o comportamento dos sedimentos em suspensão da bacia neste cenário.

Merten et al. (2006) sugerem que os dados de concentração de sólidos suspensos (Css) devem abranger uma larga escala de vazão. Paiva et al. (2000) recomendam que essa, abranja o intervalo natural de nível de água do corpo hídrico, assim conseguirá compreender altas e baixas vazões, enquanto Merten et al (2006) frisam que os intervalos devem compreender as cheias, tal ação está vinculada à periodicidade da amostragem de sólidos suspensos, se as cheias não são acompanhadas, o valor de Css estimado pela relação tende a ser subestimado. Paiva et al. (2000) comentam que pequenas bacias hidrográficas normalmente apresentam um tempo de resposta rápido aos eventos de chuva, e são bastante sensíveis às ações antrópicas. Tais fatores aumentam as incertezas no processo de elaboração das curvas-chave. No caso da curva-chave de sedimentos, além disso, as modificações contínuas do leito dos rios naturais, mudanças no uso da terra, ações antrópicas localizadas, entre outras atividades, contribuem para o aumento de incertezas, configurando assim, a definição da curva uma ação mais complexa.

2.5 AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS AMOSTRAGENS

Merten et al. (2006) supõem que quando a amostragem ocorre segundo um calendário fixo ou aleatório, os erros sejam acima de 20%, e recomenda que além de considerar o coeficiente de determinação (r^2), que aponta o quanto um padrão imposto se ajusta a uma amostra, para a avaliação da curva-chave de sedimentos, deve-se considerar também a porcentagem de diferença (Di), que indica a capacidade de ajuste do modelo, conforme proposto por Walling e Webb 1988 pela equação 1.

$$Di = \frac{\sum(q_{ss})_A - \sum(q_{ss})_M}{\sum(q_{ss})_M} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

Di = porcentagem das diferenças (%);

$\sum (q_{ss})_A$ = Somatório da concentração de sólidos suspensos estimada pela equação de ajuste da curva-chave de sedimentos (ton);

$\sum (q_{ss})_M$ = Somatório da concentração de sólidos suspensos calculado através dos dados de Css medidos nas campanhas (ton).

Lima et al. (2011) apresentam uma comparação de resultados, utilizando amostras pontuais e por integração vertical para a análise de

hidrossedimentos em cinco diferentes seções do rio da bacia experimental do Alto Rio Jardim. Para a realização das comparações, além do coeficiente de determinação, foram utilizados o coeficiente de correlação de Pearson (r), que explana a força da relação entre as duas variáveis. A interpretação de seus valores pode ser observada no quadro 1. O coeficiente de concordância (d) com a reta 1:1 desenvolvido por Willmott (1982), que expressa o grau de afastamento entre os valores estimados e medidos, seus valores variam entre 0 e 1, quanto maior o valor, maior a afinidade entre os dados estimados e medidos, e o índice de desempenho (c) do modelo desenvolvido por Camargo e Sentelhas (1997), que está relacionado ao coeficiente de correlação (r) e de concordância (d), seu valor pode ser interpretado de acordo com o apresentado no quadro 2. Tais parâmetros estão indicados pelas equações 2, 3 e 4 respectivamente.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Onde:

r = coeficiente de correlação de Pearson;

x_i e y_i são valores medidos das variáveis x e y;

\bar{x} e \bar{y} são médias dos valores medidos de x e y.

Quadro 1- Classificação das correlações de acordo com o valor de r

Coeficiente de Correlação (r)	Correlação
0,00 – 0,19	Muito Fraca
0,20 – 0,39	Fraca
0,40 – 0,69	Moderada
0,70 – 0,89	Forte
0,90 – 1,00	Muito Forte

Fonte : Adaptado de Shimakura (2006).

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (3)$$

Onde:

d = coeficiente de concordância;

P_i = valor estimado;

O_i = valor observado;

\bar{O} = média dos valores observados.

$$c = r \times d \quad (4)$$

Onde:

c = índice de desempenho;

r = coeficiente de correlação de Pearson;

d = coeficiente de concordância.

Quadro 2 - Critérios de interpretação do valor de c

Índice de desempenho (c)	Desempenho
< 0,40	Péssimo
0,41 – 0,50	Muito Ruim
0,51 – 0,60	Ruim
0,61 – 0,65	Mediano
0,66 – 0,75	Bom
0,76 – 0,85	Muito Bom
> 0,85	Ótimo

Fonte: Adaptado de Camargo e Sentelhas (1997).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia do Itacorubi, localizada na região central de Florianópolis-SC, engloba as duas sub-bacias estudadas. Tem uma área aproximada de 28,5km² (FLÁVIO, 2017), a precipitação total anual da região de acordo com a EPAGRI é em média 1500mm, as precipitações mais elevadas ocorrem de janeiro a março e os valores mais baixos se apresentam de junho a agosto. E, conforme o Dremap (2018) quase metade de seu território é passível de ocupação.

A bacia do Itacorubi, de acordo com Collares et al. (2004 apud Silva, 2010), apresenta declividades acentuadas nas cabeceiras e baixas declividades a jusante, na região do manguezal do Itacorubi. Estas declividades variam aproximadamente de 5 a 30% (LIMA Jr, 1997). De acordo com Campos (2004), a bacia apresenta apresenta inundações nas áreas baixas, agravadas pela falta de planejamento, execução de obras de drenagem urbana, estreitamento dos rios, retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo.

A sub-bacia do rio Córrego Grande é composta por uma área de 6.0km² (FLÁVIO, 2017). As coletas de amostra água-sedimento, juntamente com a leitura da régua para acompanhar o nível de água durante as coletas, foram realizadas na estação hidrológica do rio Córrego Grande, essa se encontra no bairro Córrego Grande, em área urbanizada, tal urbanização ocorreu de maneira rápida e sem planejamento na gestão urbana (PINTO, STEFFENS e OLIVEIRA, 2007). De acordo com Silva (2010), esta ocupação trouxe impactos negativos, Campos (2004) os explica, sendo alguns deles, a poluição dos recursos hídricos, provocada principalmente pelo lançamento de esgotos domésticos diretamente nas redes pluviais e fluviais, ocupação irregular, principalmente nas margens dos rios.

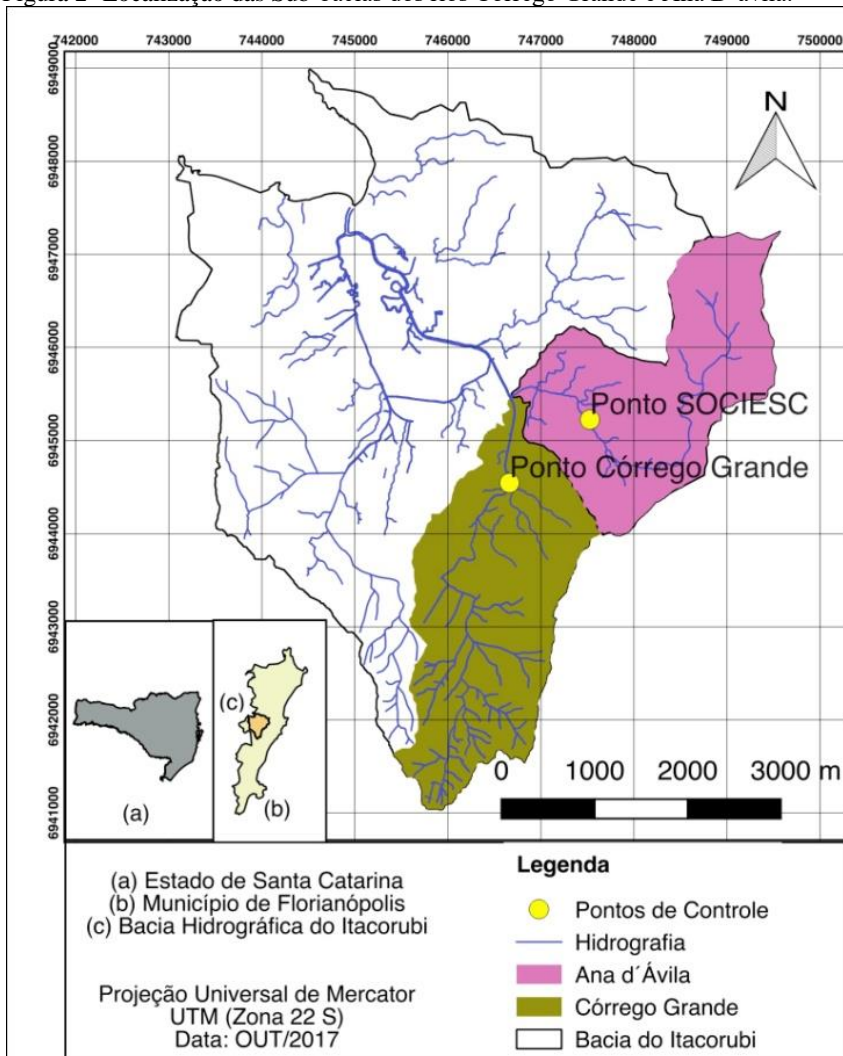
A sub-bacia do rio Ana D'ávila é composta por uma área de 4.3km², e as coletas de amostra água-sedimento, e leitura da régua linimétrica, para acompanhar o nível de água durante as coletas, ocorreram em sua estação hidrológica, que está inserida no bairro Itacorubi. Tal bacia apresenta menor ocupação da bacia, com mais áreas verdes, quando comparada a sub-bacia do rio Córrego Grande

Nas sub-bacias do Córrego Grande e Ana D'ávila, conforme Lima Jr (1997), há uma predominância de declividades entre 15 e 30%, e o autor associa tal declividade às seguintes características : Relevo se apresenta fortemente ondulado, com superfície topográfica movimentada, encontra-se o litólico.

Na figura 2 é ilustrado a localização das sub-bacias hidrográficas e seus respectivos pontos de controle, que indicam as estações hidrológicas. Vale ressaltar que ambas as estações estão equipadas com sensores de nível e turbidez automáticos.

A localização do ponto onde ocorreu a coleta das amostras foi sempre constante, nas estações hidrológicas de cada rio. É possível observar na figura 3 a vista montante e jusante do rio Córrego Grande com relação a sua estação, e de maneira similar na figura 4, com relação a estação hidrológica do rio Ana D'ávila.

Figura 2- Localização das Sub-bacias dos rios Córrego Grande e Ana D'ávila.



Fonte : Gallina (2017).

Figura 3 - Vista montante e jusante do rio Córrego Grande.



Fonte: Autor.

Figura 4 - Vista montante e jusante do rio Ana D'ávila.



Fonte: Autor.

3.2 AMOSTRAGEM DE SÓLIDOS SUSPENSOS

Para a determinação de sólidos suspensos se fez idas a campo, também chamadas de campanhas, com o objetivo de coletar amostras de água-sedimento nos rios. Cada campanha realizada teve sua ficha de coleta de amostra de água, com informações dessa ida a campo, tais como, as atividades realizadas, a estação que ocorreu a visita, a leitura da régua linimétrica, instalada próxima ao local de coleta no momento em que é efetuada, entre outros dados que podem ser verificados no anexo A.

Foi adotado coletor padrão para todas as coletas. Foi utilizado uma garrafa de vidro, com capacidade de armazenamento de 1 litro, conforme mostrado na figura 5. Antes de iniciar cada coleta, o coletor utilizado para esta tarefa é lavado no corpo hídrico onde será realizada a amostragem, para garantir que o coletor não descaracterizaria a amostra.

Após realizada a amostragem, o material coletado era encaminhado para análise laboratorial. Caso as amostras não poderiam ser enviadas diretamente para a análise, poderiam ser reservadas na geladeira por até 7 dias sem alterar os resultados da determinação de sólidos suspensos.

Figura 5 - Coletor utilizado para amostragem.



Fonte: Autor.

3.2.1 Amostragem composta para a realização da coleta

A coleta composta ou por integração vertical, foi realizada em uma seção do rio pré-determinada na estação hidrológica. Nessa seção, colocou-se uma corda graduada, que apresenta um ponto a cada 30cm, escolheram-se 3 pontos dessa corda para realizar a coleta por integração vertical. Existiam alguns critérios para garantir que os pontos adotados para a realização da coleta fossem representativos do corpo hídrico. São eles:

- Abranger toda a seção do rio, evitando que ocorra a concentração de pontos de coleta em algum lado;
- Evitar pontos onde a velocidade de escoamento seja muito baixa, pois em pequenas velocidades ocorre maior deposição de sedimentos não representando a seção do rio;
- Evitar pontos onde haja algum obstáculo ao escoamento.

Na figura 6 é possível observar dois pontos (em rosa) que foram realizadas coletas verticais de integração.

Figura 6 - Indicação dos pontos de coleta (em rosa) na seção transversal do rio.



Fonte: Autor.

A coleta foi realizada em toda a vertical do ponto escolhido, e para manter um padrão foi fixado um tempo de 10 segundos para a coleta integrada (tempo de subida e descida durante a coleta na vertical do ponto fixado). Na figura 7 é possível observar a indicação dos pontos de coleta (em rosa) e o amostrador utilizado.

Figura 7 - Coleta realizada por integração vertical



Fonte: Autor.

Ao final da coleta de cada vertical, a amostra era armazenada em um recipiente para ser homogeneizada com o restante das amostras, para ser encaminhada para a análise em laboratório.

3.2.2 Amostragem para coleta realizada na margem

A coleta de amostra na margem ocorreu na estação hidrológica. Para a escolha do ponto de coleta, foi levado em consideração a praticidade de realização desta tarefa.

A coleta foi realizada em um ponto fixo próximo a margem do rio durante 10 segundos. Após o procedimento, a amostra era enviada para a análise laboratorial. Nas figuras 8 e 9 podem ser observadas as coletas realizadas em margem, nos rios Córrego Grande e Ana D'ávila, respectivamente.

Figura 8 - Realização da coleta em margem no rio Córrego Grande.



Fonte: Autor.

Figura 9 - Realização da coleta realizada em margem no rio Ana D'ávila.



Fonte: Autor.

3.3 ANÁLISE LABORATORIAL DE SÓLIDOS SUSPENSOS

Para a realização da análise em laboratório de sólidos suspensos foi seguido o protocolo da UFSC para a análise de sólidos suspensos (Anexo B), que respeita o Standard Methods. Foi utilizada uma ficha de análise laboratorial para houvesse o controle dos resultados provindos das análises, tal ficha se encontra no anexo C.

Inicialmente, era realizada a calibração da membrana onde ocorria a filtração de um determinado volume da amostra, com o objetivo de impedir que a umidade presente na membrana interfira no resultado final. Após a calibração, as membranas foram pesadas. Posteriormente, foi realizada a filtração da amostra nas membranas, seguida de secagem na estufa, passagem pelo dessecador e por fim, novamente, sua pesagem. Sendo assim, a medida de sólidos suspensos se dá a partir da diferença

entre a pesagem após a filtração e a pesagem anterior a filtração. Nas figuras 10, 11 e 12 é possível observar algumas etapas da análise laboratorial.

Figura 10 - (a) Membrana na estufa e (b) Membrana no dessecador



Fonte: Autor.

Figura 11 - (a) Amostra sendo filtrada e (b) Membrana filtrada sendo pesada.



Fonte: Autor.

Figura 12 - Aspecto da membrana anterior e posterior à filtração.



Fonte: Autor.

3.4 ANÁLISE DE ERRO ASSOCIADA AO TAMANHO DA AMOSTRA

A quantidade de amostras utilizada para a representação de uma situação influencia na confiança dessa representação, ou seja, a quantidade de amostras está relacionada a um erro, que será associado aos resultados.

Araldi (2006) apresenta uma forma de associar o erro amostral ao tamanho da amostra, que pode ser observada na equação 5. Esse seria o primeiro passo para determinar o tamanho da amostra. A partir disso, faz-se iterações com o resultado e o número de elementos da população estudada. Porém neste trabalho o que seria considerado população estudada, é um número infinito, por isso, a análise de erro associada ao tamanho amostral será realizada de acordo com a equação 6.

$$n = \frac{1}{E^2} \quad (5)$$

Onde:

n = Aproximação para o tamanho da amostra;

E = Erro amostral tolerável.

$$E = \sqrt{\frac{1}{n}} \quad (6)$$

Onde:

n = Tamanho da amostra;

E = Erro amostral.

3.5 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS ADOPTADOS PARA AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE A EQUAÇÃO DE AJUSTE E OS DADOS OBTIDOS.

Para a avaliação da relação entre a curva de ajuste e os dados obtidos com as campanhas e análises laboratoriais, foram aplicados alguns parâmetros estatísticos em cada ajuste. A interpretação do valor do parâmetro indicou se a curva apresentou boa ou não representou os dados obtidos em campo.

Foi construído um gráfico de dispersão no software Excel, cuja coordenada era formada pelo valor de CSS_M e CSS_{ILL} correspondente à análise laboratorial das amostras coletadas na mesma campanha.

Para o gráfico de dispersão, fez-se a curva de ajuste linear, polinomial de segundo grau, exponencial e potencial. O software já informa a equação que representa a curva de ajuste e o coeficiente de determinação (r^2). O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi calculado para cada curva de acordo com a equação 7, e a curva teve sua classificação de acordo com este parâmetro como é apresentado no quadro 2.

$$r = \sqrt{r^2} \quad (7)$$

Onde:

r = Coeficiente de correlação de Pearson;

r^2 = Coeficiente de determinação.

A diferença em porcentagem (Di) foi calculada em relação a cada ponto obtido pelas análises laboratoriais e sua estimativa pela curva a partir da equação 1. Para as curvas com ajustes lineares, foram utilizados também o coeficiente de concordância (d), e o índice de desempenho (c), calculados como mostra as equações 3 e 4 respectivamente. A interpretação do índice de desempenho seguiu o quadro 2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da realização das duas amostragens, para a análise de concentração de sólidos suspensos dos rios Córrego Grande e Ana D'ávila, para uma possível simplificação na coleta deste parâmetro, são apresentados os dados referentes a tais coletas, as relações feitas com as diferentes tendências e a análise de representatividade dessas relações.

4.1 AMOSTRAGENS REALIZADAS DE MANEIRA COMPOSTA E NA MARGEM PARA DETERMINAÇÃO DA CSS PARA OS RIOS CÓRREGO GRANDE E ANA D'ÁVILA

Com os dados obtidos pelas campanhas e análises laboratoriais, foram cometidas relações para o parâmetro de concentração de sólidos suspensos, de acordo com o tipo de coleta para os rios Ana D'ávila e Córrego Grande. As coletas dos dados foram realizadas em 8 campanhas, para o rio Córrego Grande, gerando 18 resultados relacionados à Css. E, 9 campanhas para o rio Ana D'ávila, que obtiveram 19 resultados relacionados à Css.

As campanhas ocorreram no período de 07/08/2017 até 11/01/2018. E, inicialmente, faziam parte, além das coletas de amostras de água-sedimento e observação do nível de água, a medição de vazão utilizando molinete hidrométrico. Após, Gallina (2017) apresentou a curva-chave que relaciona vazão e nível para as duas estações. Assim, em princípio os dados de vazão eram calculados a partir dos resultados obtidos nas campanhas, e após o término da curva-chave, as vazões eram estimadas a partir dela.

Nas tabelas 1 e 2, podem ser observados os dados de vazão (Q), cota, concentração de sólidos suspensos na margem (C_{SSM}) e nas verticais (C_{SSIL}), e a data de realização das campanhas nas estações hidrológica dos rios Córrego Grande e Ana D'ávila respectivamente.

Tabela 1 - Dados obtidos pelas campanhas realizadas no rio Córrego Grande.

Data	Cota Régua (cm)	Q (m³/s)	C_{SSIL} (mg/l)	C_{SSM} (mg/l)
07/08/2017	21	0,015	14	12
07/08/2017	21	0,015	14	12
14/08/2017	30	0,056	14	12
14/08/2017	30	0,056	-	20
21/08/2017	24	0,031	14	16
21/08/2017	24	0,031	14	8
28/08/2017	21	0,017	12	18
28/08/2017	21	0,017	14	20
10/10/2017	28	0,050*	-	-
10/10/2017	28	0,050*	-	-
30/10/2017	24	0,027*	32	20
30/10/2017	24	0,027*	-	22
30/10/2017	24	0,027*	24	16
30/10/2017	24	0,027*	14	-
09/11/2017	22	0,020*	44	18
09/11/2017	22	0,020*	34	16
03/01/2018	30	0,062*	4	2
03/01/2018	30	0,062*	6	4

*** Medida de vazão estimada pela Curva-Chave para o rio Córrego Grande. (GALLINA, 2017)**

Fonte : Autor.

Tabela 2 - Dados obtidos pelas campanhas realizadas no rio Ana D'ávila.

Data	Cota Régua (cm)	Q (m³/s)	Css_{III} (mg/l)	Css_M (mg/l)
07/08/2017	25	0,019	-	-
07/08/2017	25	0,019	-	-
14/08/2017	30	0,039	20	10
14/08/2017	30	0,039	16	18
21/08/2017	27	0,026	8	10
21/08/2017	27	0,026	8	16
28/08/2017	25	0,015	14	14
28/08/2017	25	0,015	-	-
10/10/2017	29	0,032*	-	-
10/10/2017	29	0,032*	-	8
30/10/2017	-	-	-	-
30/10/2017	-	-	-	-
30/10/2017	26	0,017	6	4
30/10/2017	26	0,017	6	0
09/11/2017	26	0,019*	6	0
09/11/2017	26	0,019*	10	0
03/01/2018	32	0,048*	4	4
03/01/2018	32	0,048*	8	8
11/01/2018	108**	2,764*	-	78

* Medida de vazão estimada pela Curva-Chave para o rio Ana D'ávila. (GALLINA, 2017)

** Valor aproximado

Fonte : Autor.

Alguns dados das campanhas realizadas nos rios, foram perdidos ou não puderam ser coletados por conta da impossibilidade de chegada ao local de coleta, e problemas em equipamentos de laboratório e durante as análises laboratoriais. Sendo assim, para a execução das relações entre as concentrações de sólidos suspensos (Css), foram empregados apenas os dados que haviam Css_{III} e Css_M que correspondiam a mesma data e nível de água. Assim, os dados considerados para a execução das relações entre os valores de Css_M e Css_{III} para os rios Córrego Grande e Ana D'ávila, estão listados nas tabelas 3 e 4 respectivamente.

Tabela 3 - Dados considerados para a efetuação das relações de C_{ss} no rio Córrego Grande.

Data	Cota Régua (cm)	Q (m³/s)	C_{ssIL} (mg/l)	C_{ssM} (mg/l)
07/08/2017	21	0,015	14	12
07/08/2017	21	0,015	14	12
14/08/2017	30	0,056	14	12
21/08/2017	24	0,031	14	16
21/08/2017	24	0,031	14	8
28/08/2017	21	0,017	12	18
28/08/2017	21	0,017	14	20
30/10/2017	24	0,027*	32	20
30/10/2017	24	0,027*	24	16
09/11/2017	22	0,020*	44	18
09/11/2017	22	0,020*	34	16
03/01/2018	30	0,062*	4	2
03/01/2018	30	0,062*	6	4

*** Medida de vazão estimada pela Curva-Chave para o rio Córrego Grande. (GALLINA, 2017)**

Fonte: Autor.

Tabela 4 - Dados considerados para a efetuação das relações de C_{ss} no rio Ana D'ávila.

Data	Cota Régua (cm)	Q (m³/s)	C_{ssIL} (mg/l)	C_{ssM} (mg/l)
14/08/2017	30	0,039	20	10
14/08/2017	30	0,039	16	18
21/08/2017	27	0,026	8	10
21/08/2017	27	0,026	8	16
28/08/2017	25	0,015	14	14
30/10/2017	26	0,017	6	4
30/10/2017	26	0,017	6	0
09/11/2017	26	0,019*	6	0
09/11/2017	26	0,019*	10	0
03/01/2018	32	0,048*	4	4
03/01/2018	32	0,048*	8	8

*** Medida de vazão estimada pela Curva-Chave para o rio Ana D'ávila. (GALLINA, 2017)**

**** Valor aproximado**

Fonte: Autor.

4.2 CONSTRUÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE CSS PARA O RIO CÓRREGO GRANDE

Foram elaboradas quatro curvas utilizando os dados de C_{SS} da tabela 3, para tentar expressar a relação entre a $C_{SS_{IIL}}$ e C_{SS_M} do rio Córrego Grande. Tais dados abrangem cotas que variam de 21 a 30cm, portanto, as relações têm validade nessa variação. Os gráficos que representam essas curvas podem ser observados na figura 13.

A relação utilizando uma tendência linear para representar o comportamento dos dados, pode ser observada na figura 13-a, a curva de ajuste é fornecida pela equação 8, essa apresenta um valor de r^2 (0,404) e valor de r (0,636) que indica a existência de uma correlação moderada entre os dados obtidos e a relação de tendência linear.

A verificação desta curva prosseguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 5 é possível verificar tais diferenças, que variam de -44,6 a 103,1%. Após, fez-se a verificação do coeficiente de concordância (d), que apresentou um valor de aproximadamente zero, e consequentemente um índice de desempenho (c) muito próximo a zero, que confere um desempenho interpretado como péssimo.

$$C_{SS_{IIL}} = 1.279C_{SS_M} + 1.337 \quad (8)$$

Tabela 5 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste linear para o rio Córrego Grande

Css_{IIL} (mg/l)	Css*	Di %
14	16,7	19,2
14	16,7	19,2
14	16,7	19,2
14	21,8	55,8
14	11,6	-17,3
12	24,4	103,1
14	26,9	92,3
32	26,9	-15,9
24	21,8	-9,1
44	24,4	-44,6
34	21,8	-35,9
4	3,9	-2,6
6	6,5	7,6

Css* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação linear do parâmetro.

Fonte: Autor.

A relação utilizando uma tendência polinomial de segundo grau para representar o comportamento dos dados, pode ser observada na figura 13-b, a curva de ajuste é fornecida pela equação 9, que apresenta um valor de r^2 (0,405) e valor de r (0,636), que indica a existência de uma correlação moderada entre os dados obtidos e a relação de tendência polinomial de segundo grau. A verificação da curva seguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 6 é possível verificar tais diferenças, que variam de -44,9 a 102,2%.

$$Css_{III} = -0,010Css_M^2 + 1.515Css_M + 0,365 \quad (9)$$

Tabela 6 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste polinomial de segundo grau para o rio Córrego Grande.

Css _{III} (mg/l)	Css*	Di %
14	17,0	21,8
14	17,0	21,8
14	17,0	21,8
14	21,9	56,7
14	11,8	-15,6
12	24,3	102,2
14	26,5	89,3
32	26,5	-17,2
24	21,9	-8,6
44	24,3	-44,9
34	21,9	-35,5
4	3,4	-16,2
6	6,3	4,3

Css* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação polinomial de grau dois do parâmetro.

Fonte: Autor.

A relação utilizando uma tendência exponencial para representar o comportamento dos dados pode ser observada na figura 13-c, a curva de ajuste é fornecida pela equação 10, que apresenta um valor de r^2 (0,608) e valor de r (0,780), que indica a existência de uma correlação forte entre os dados obtidos e a relação de tendência exponencial.

A verificação da curva seguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 7, é possível verificar tais diferenças, que variam de -47,5 a 97,2%.

$$C_{SS_{III}} = 4,628e^{0,090C_{SS_M}} \quad (10)$$

Tabela 7 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste exponencial para o rio Córrego Grande

$C_{SS_{III}}$ (mg/l)	C_{SS}^*	Di %
14	13,5	-3,5
14	13,5	-3,5
14	13,5	-3,5
14	19,3	38
14	9,5	-32,5
12	23,1	92,4
14	27,6	97,2
32	27,6	-13,7
24	19,3	-19,5
44	23,1	-47,5
34	19,3	-43,2
4	5,5	-38,3
6	6,6	10,2

C_{SS}^* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação exponencial do parâmetro.

Fonte: Autor.

A relação utilizando uma tendência potencial para representar o comportamento dos dados pode ser observada na figura 13-d, a curva de ajuste é fornecida pela equação 11, que apresenta um valor de r^2 (0,667) e valor de r (0,817), indicando a existência de uma correlação forte entre os dados obtidos e a relação de tendência potencial.

A verificação da curva seguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 8, é possível verificar tais diferenças, que variam de -41,5 a 82,0%.

$$C_{SS_{III}} = 2,223C_{SS_M}^{0,789} \quad (11)$$

Tabela 8 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste potencial para o rio Córrego Grande

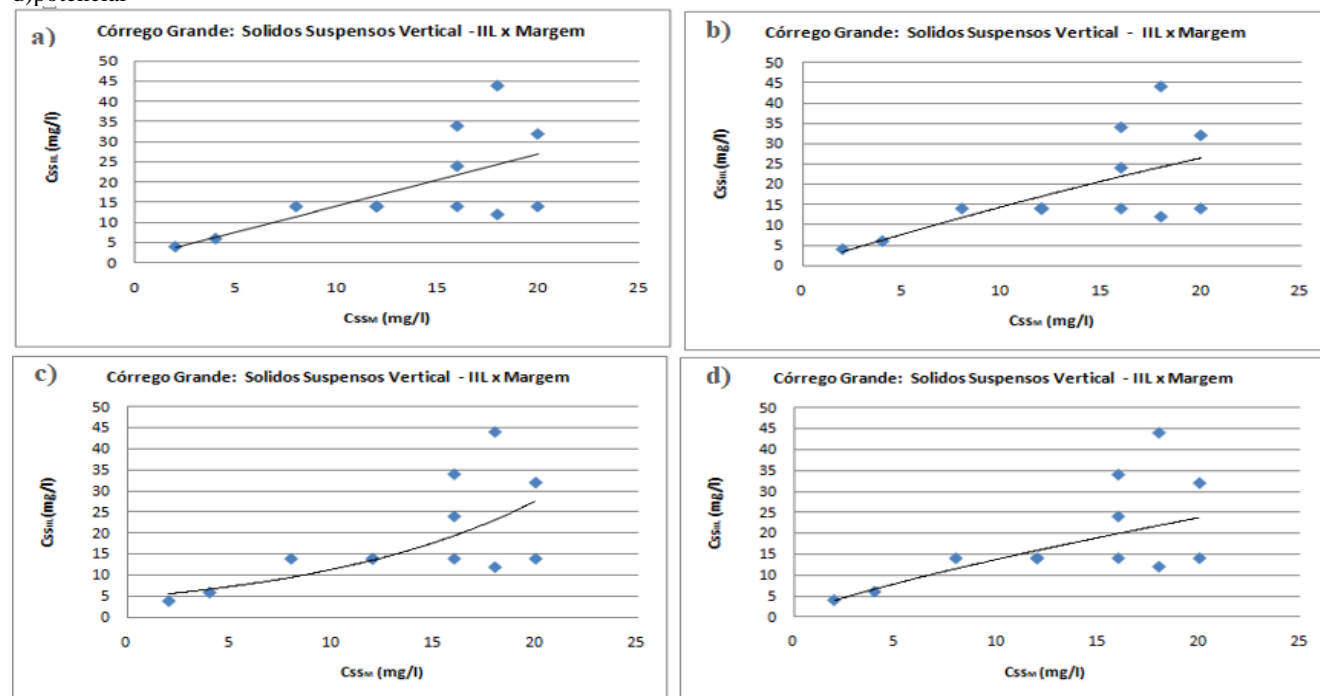
$C_{SS_{III}}$ (mg/l)	C_{SS}^*	Di %
-----------------------	------------	--------

14	15,9	13,2
14	15,9	13,2
14	15,9	13,2
14	19,9	42,1
14	11,5	-17,8
12	21,8	82,0
14	23,7	69,5
32	23,7	-25,9
24	19,9	-17,1
44	21,8	-50,4
34	19,9	-41,5
4	3,9	-3,7
6	6,7	11,0

Css* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação potencial do parâmetro.

Fonte: Autor.

Figura 13 - Relações de C_{ss} para estação do rio Córrego Grande com ajustes: a)linear b)polinomial de segundo grau c)exponencial d)potencial



Fonte: Autor.

4.3 CONSTRUÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE CSS PARA O RIO ANA D'ÁVILA

Foram realizadas quatro estimativas utilizando os dados da tabela 4 para determinar a relação entre a Css_{IIL} e Css_M para o rio Ana D'ávila. Tais dados abrangem cotas que variam de 25 a 32cm, portanto, as relações têm validade nessa variação. Os gráficos que representam essas curvas podem ser observados na figura 14.

Fez-se a relação aplicando a tendência linear para representar o comportamento dos dados, isso pode ser observado na figura 14-a. A curva de ajuste é fornecida pela equação 12, que apresenta um valor de r^2 (0,328) e r (0,573), que indica a existência de uma correlação moderada entre os dados obtidos e a relação de tendência linear.

A verificação desta curva prosseguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 9, é possível verificar tais diferenças, que variam de -46,7 a 101,5%. Após, fez-se a verificação do coeficiente de concordância (d), e se obteve um valor de zero, influenciando no índice de desempenho (c), interpretado como péssimo pelo quadro 2.

$$Css_{IIL} = 0,433Css_M + 6,3277 \quad (12)$$

Tabela 9 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste linear para o rio Ana D'ávila

Css_{IIL} (mg/l)	Css*	Di %
20	10,7	-46,7
16	14,1	-11,7
8	10,7	33,3
8	13,3	65,8
14	12,4	-11,5
6	8,1	34,3
6	6,3	5,5
6	6,3	5,5
10	6,3	-36,7
4	8,1	101,5
8	9,8	22,4

Css* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação linear do parâmetro.

Fonte: Autor.

A relação utilizando uma tendência polinomial de segundo grau para representar o comportamento dos dados, pode ser observada na figura 14-b, a curva de ajuste é fornecida pela equação 13, que apresenta um valor de r^2 (0,328) e valor de r (0,573), indicando uma correlação moderada entre os dados obtidos e a relação de tendência polinomial de segundo grau. A verificação da curva seguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 10 é possível verificar tais diferenças, que variam de -47,2 a 100,1%.

$$CSS_{III} = -0,003CSS_M^2 + 0,388CSS_M + 6,407 \quad (13)$$

Tabela 10 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste polinomial de segundo grau para o rio Ana D'ávila

CSS_{III} (mg/l)	CSS*	Di %
20	10,6	-47,2
16	14,3	-10,8
8	10,6	32,0
8	13,3	66,3
14	12,4	-11,6
6	8,0	33,4
6	6,4	6,8
6	6,4	6,8
10	6,4	-35,9
4	8,0	100,1
8	9,7	21,1

CSS* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação polinomial de segundo grau do parâmetro.

Fonte: Autor.

A relação utilizando uma tendência exponencial para representar o comportamento dos dados, pode ser observada na figura 14-c, a curva de ajuste é fornecida pela equação 14, que apresenta um valor de r^2 (0,363) e de r (0,603), que indica a existência de uma correlação moderada entre os dados obtidos e a relação de tendência exponencial.

A verificação da curva seguiu com a análise das porcentagens de diferenças (Di), na tabela 11 é possível verificar tais diferenças, que variam de -67,9 a 56,4%.

$$CSS_{III} = 6,144e^{0,044CSS_M} \quad (14)$$

Tabela 11 - Diferenças em porcentagem dos valores relacionados a curva de ajuste exponencial para o rio Ana D'ávila

Css_{IL} (mg/l)	Css*	Di %
20	6,4	-67,9
16	6,7	-58,4
8	6,4	-19,7
8	6,6	-17,5
14	6,5	-53,3
6	6,3	4,2
6	6,1	2,4
6	6,1	2,4
10	6,1	-38,6
4	6,3	56,4
8	6,4	-20,4

Css* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação exponencial do parâmetro.

Fonte: Autor.

Para a elaboração da relação com tendência potencial, foram descartados os dados cuja as Css_M tinham como resultado zero. Os dados utilizados para a execução da curva, que pode ser observada na figura 14-d e é expressada pela equação 15, se encontram na tabela 12, em conjunto com a Di associada a cada ponto, que variou de -50,9 e 68,6%.

A relação apresenta um valor de r^2 (0,533) e r (0,730), indica a existência de uma correlação forte entre os dados obtidos e a relação de tendência potencial.

Os dados abrangem cotas que variam de 25 a 32cm, portanto, as relações têm validade nesta variação.

$$Css_{IL} = 2,067Css_M^{0,677} \quad (15)$$

Tabela 12 - Dados considerados para a efetuação da relação potencial de Css e suas diferenças em porcentagens no rio Ana D'ávila

Data	Cota	Q	Css_{IL}	Css_M	Css*	Di
	Régua	(m³/s)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	%

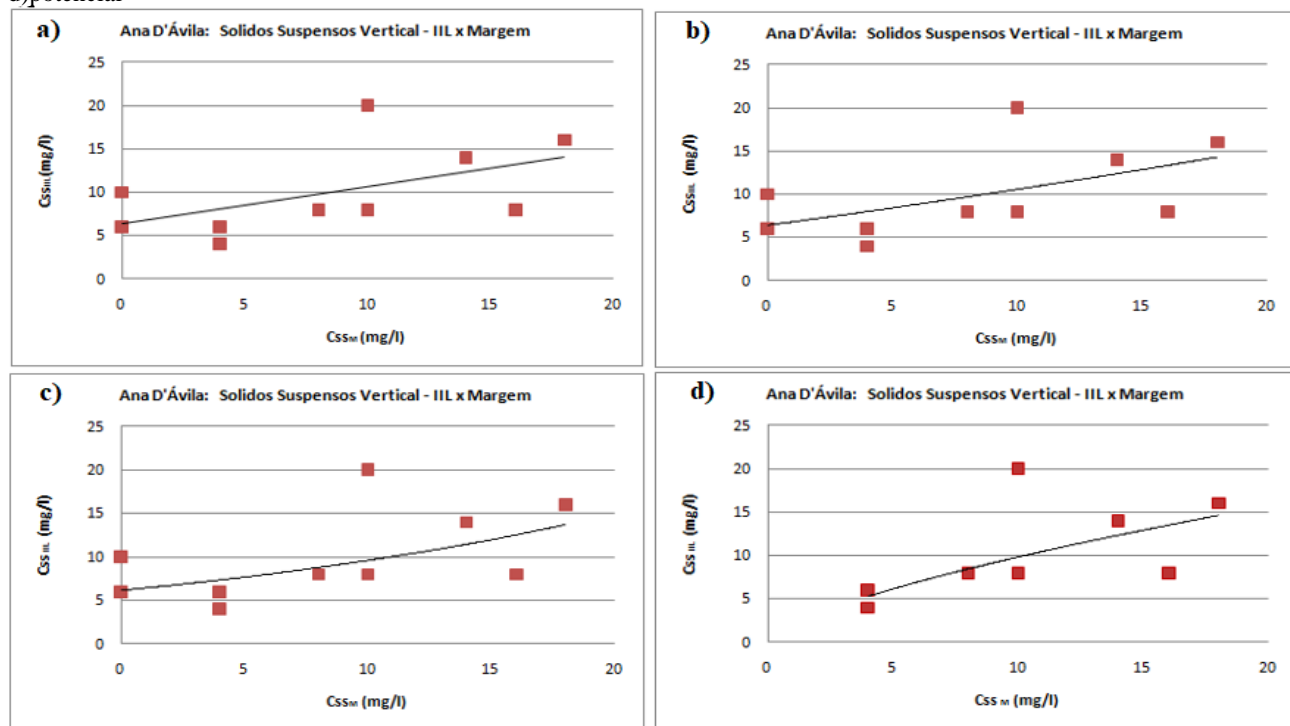
(cm)						
14/08/17	30	0,039	20	10	9,8	-50,9
14/08/17	30	0,039	16	18	14,6	-8,7
21/08/17	27	0,026	8	10	9,8	22,7
21/08/17	27	0,026	8	16	13,5	68,6
28/08/17	25	0,015	14	14	12,3	-12,0
30/10/17	26	0,017	6	4	5,3	-12,0
03/01/18	32	0,048*	4	4	5,3	32,0
03/01/18	32	0,048*	8	8	8,4	5,5

* Medida de vazão estimada pela Curva-Chave para o rio Ana D'ávila. (GALLINA, 2017)

Css* indica a Concentração de sólidos suspensos fornecida pela curva que representa a relação potencial do parâmetro

Fonte : Autor.

Figura 14 - Relações de C_{ss} para a estação do rio Ana D'Ávila com ajustes: a)linear b)polinomial de segundo grau c)exponencial d)potencial



Fonte : Autor.

4.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS

Em seus estudos, Lima et al. (2011) apresentou uma correlação linear com r^2 , r , d e c com valores de 0,99 cada, indicando que no local de estudo da Bacia Experimental do Alto Rio Jardim, pode-se utilizar o método de coleta de amostras pontuais para o levantamento de dados de fluxo de sedimentos em suspensão, pois esses apresentam boa relação com os dados utilizando a amostragem por integração na vertical, que é considerado um método padrão de amostragem.

Merten et al. (2006) apresenta em seu estudo uma curva-chave de sedimentos com valor de r^2 para o Rio Pari, Rio Socorro e Arroio Lajeado Ferreira de 0,79, 0,92 e 0,59 respectivamente, além de Di variando entre -30 e -5%.

Paiva et al. (2000) mostra uma curva-chave de sedimentos com r^2 para o Rio Vacacaí Mirim de 0,60, e comenta que tal coeficiente revela maiores valores, na faixa dos 0,90, quando são analisados eventos isolados.

Nas tabelas 13 e 14 é possível verificar o resumo dos parâmetros estatísticos utilizados no trabalho, para cada tipo de tendência de Css nos rios Córrego Grande e Ana D'ávila respectivamente. Quando os resultados deste trabalho são comparados com os estudos encontrados na literatura, é percebido que, de acordo com os parâmetros estatísticos empregados para embasar a escolha da relação que melhor estime a Css_{III} a partir da coleta em margem, dos rios Córrego Grande e Ana D'ávila, não há uma boa representatividade nestas curvas de tendência.

Tabela 13 - Resumo dos dados obtidos referente as relações de Css para o rio Córrego Grande

Córrego Grande						
Tipo da tendência	r^2	r	Di médio (%)	Variação de Di (%)	d	c
Linear	0,404	0,636	0,0	-44,6 a 103,1	0	0
Polinomial grau 2	0,405	0,636	0,0	-44,9 a 102,2	-	-
Exponencial	0,608	0,780	-7,7	-47,5 a 97,2	-	-
Potencial	0,667	0,817	-8,2	-41,5 a 82,0	-	-

Fonte : Autor.

Tabela 14 - Resumo dos dados obtidos referentes as relações de C_{ss} para o rio Ana D'ávilã.

Ana D'ávilã						
Tendência da relação C _{ss}	r ²	R	Di médio	Variação de Di	d	c
Linear	0,328	0,573	0,0	-46,7 a 101,5	0	0
Polinomial grau 2	0,328	0,573	0,0	-47,2 a 100,1	-	-
Exponencial	0,363	0,603	-34,0	-67,9 a 56,4	-	-
Potencial	0,533	0,730	-10,2	-50,9 a 68,6	-	-

Fonte : Autor.

A pouca quantidade de amostras influencia na não representatividade das relações entre as amostragens. Utilizando a equação 6, pode-se calcular um erro amostral, provindo da quantidade de dados, associado às curvas de relação. Para as relações dos dados das amostragens realizadas no rio Córrego Grande, o erro amostral foi de 27,7%, e para os dados das amostragens realizadas no rio Ana D'ávilã, foi de 30,2% para as curvas de tendência linear, polinomial de segundo grau e exponencial, enquanto que a potencial, por haver menos dados, é associada a um erro de 35,6%.

Outra consequência da diminuição dos dados na curva de tendência potencial para a estimativa de C_{ss} no rio Ana D'ávilã, é a perda da representação de baixas concentrações.

Nesse sentido, com esses dados disponíveis, as curvas que melhores se adaptam à relação de C_{ss_{III}} e C_{ss_M} para as estações dos rios Córrego Grande e Ana D'ávilã é a com tendência potencial. Tal tendência, apresentou maiores valores nos coeficientes que relacionam os dados obtidos com a curva estimada, além de uma menor variação de Di pontual.

Uma maneira de tornar as relações representativas, seria o aumento de dados para a realização das relações, isso nas cotas que já foram realizadas e em cotas acima, ou seja, mais coletas para gerar mais análises e consequentemente obter mais dados para a confecção da curva, pois assim, é conseguido representar melhor o que acontece com a C_{ss} no corpo hídrico.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O propósito do estudo foi avaliar a possibilidade da utilização de uma coleta simplificada de amostra para análise de C_{ss} , realizada na margem dos rios Córrego Grande e Ana D'ávil, fazendo uma relação deste parâmetro com a $C_{ss_{IIL}}$ correspondente a cada corpo hídrico.

Foram realizadas coletas da mistura água-sedimento na margem e em verticais-IIL de cada rio, com cotas variando entre 21 e 30 cm para o rio Córrego Grande, e entre 25 e aproximadamente 108 cm para o rio Ana D'ávil. As amostras foram encaminhadas ao laboratório para a análise da C_{ss} . Para o rio Córrego Grande houve uma variação entre 6 e 44mg/l para $C_{ss_{IIL}}$, e de 2 a 22mg/l para C_{ss_M} . E para o Rio Ana D'ávil, houve uma variação entre 4 e 20mg/l para $C_{ss_{IIL}}$, e de 0 a 78mg/l para C_{ss_M} .

Os dados de $C_{ss_{IIL}}$ e C_{ss_M} foram relacionados com curvas de tendência. A curva com tendência potencial se adaptou melhor ao comportamento do rio Córrego Grande, com coeficientes $r^2(0,667)$, e $r(0,817)$ que representam uma correlação forte entre os dados e a relação, uma variação de Di pontualmente entre -41,5 a 82%. Tal curva é ainda associada a um erro amostral de 27,7%.

A curva com tendência potencial se adaptou melhor ao comportamento do rio Ana D'ávil, com coeficientes $r^2(0,533)$, e $r(0,730)$ que representam uma correlação forte entre os dados e a relação, uma variação de Di pontualmente entre -50,9 a 68,6%. Tal curva é ainda associada a um erro amostral de 35,6%.

O pouco número de dados influenciou muito para que as relações obtivessem os coeficientes r^2 e r baixos e grande variação entre as Di pontuais. Sugere-se que sejam realizadas mais coletas de amostras, dentro da variação de cotas que já foram realizadas e em cotas acima, para que os parâmetros avaliados indiquem maior relação entre os dados e a estimativa, e diminua o erro associado a amostragem, para que as curvas que melhores se adaptaram aos corpos hídricos possam enfim representá-los.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARALDI, A. A. R. Controle Estatístico de Processos: Técnicas de amostragem e determinação do tamanho da amostra. **Revista Ensino e Informação**: Revista Ensino e Informação, Lages, v. 3, n. 35, nov. 2006. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/26a617_102936b9d5fc44de862b458f1f9471e4.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2018.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CAMPOS, E. T. **A expansão imobiliária e seus impactos ambientais em Florianópolis**. Florianópolis: Insular, 2004. 232p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599 p.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2000, 132p.

DREMAP. **Diagnóstico dos problemas de drenagem urbana em Florianópolis**. Florianópolis, 2018.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Atlas Climatológico**. Disponível em: http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=708&Itemid=483 . Acesso em: 26 fev. 2018.

FLÁVIO, E. D. A. P. **Hidrologia Ambiental em Cursos d'Água: Bacia do Córrego Grande**. Florianópolis: Relatório Pibic/CNPq, 2017. 14 p.

GALLINA, E. B. **Elaboração e Extrapolação das Curvas Cota Vazão nas Estações Fluviométricas do Córrego Grande e Ana D'Ávila**. 2017. 68 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

LIMA, C. O. Jr. **Geração de base de dados digitais espaciais a partir dos mapas geológicos, pedológicos e geotécnico do município de Florianópolis, SC.** 1997. 90p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A.; FILHO, E. C. O.; MARTINS, E. S.; REATTO, A.; SILVA, E.M.; MUNIZ, D. H. F. Avaliação de método pontual de coleta de amostras hidrossedimentométricas em pequenos cursos d'água. **Engenharia de sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento.** Brasília, DF: ABRH, 2011. p. 18-29.

LOPES, G. R.; TÁVORA, B. E.; SANTOS, R. M.; KOIDE, S. Reflexões sobre a elaboração e a aplicação de curva-chave de sedimentos em pequenas bacias. **Engenharia de sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento.** Brasília, DF: ABRH, 2011. p. 141-155.

MERTEN, G. H.; HOROWITZ, A. J.; CLARKE, R. T.; MINELLA, J. P. G.; PICKBRENNER, K.; PINTO, M. C. F. Considerações sobre a utilização da curva-chave de sedimentos para a determinação de fluxo de sedimentos. **Sedimentos: o desafio da multidisciplinaridade.** Porto Alegre: ABRH, 2006. p.83-94.

NÚCLEO DE ESTUDOS DA ÁGUA. Disponível em:
<<http://neagua.ufsc.br/tiki-index.php>>. Acesso em: 23 de abr. 2018.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D.; PARANHOS, R. M.; EMMER, R. Curva chave de vazões e de sedimentos de pequenas bacias hidrográficas. O que representam? **Caracterização Quali-Quantitativa da Produção de Sedimentos.** Santa Maria, RS: ABRH, 2000. p.53-79.

PINTO, J. F. ; STEFFENS, J. L. e OLIVEIRA, F. H. **Análise físico ambiental urbana da microbacia do rio Itacorubi, Florianópolis – SC, visando o uso de Software SIG.** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3011-3018.

POLETO, C. **Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano**. 2007. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fontes Potenciais e Qualidade dos Sedimentos Fluviais em Suspensão em Ambiente Urbano, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/11337>>. Acesso em: 02 maio 2018.

SANTOS, I. et al.. **Hidrometria Aplicada**, Curitiba: LACTEC, 2001, 372 p.

SHIMAKURA, S. E. **Interpretação do coeficiente de correlação**. 2006. Disponível em : <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>. Acesso em : 30 abr. 2018.

SILVA, R. C. **Vulnerabilidade socioambiental a desastres na bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis, SC**. 2010. 164 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em : <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PECV0754-D.pdf>> . Acesso em : 07 jun. 2018.

VANONI, V. A. (Ed) **Sedimentation engineering**. New York : ASCE 1977.

VESTENA, L. R.; LUCINI, H.; KOBAYAMA, M. **Avaliação da Concentração de Sedimentos em Suspensão no Rio Caeté, em Alfredo Wagner/SC**. [20--]. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/0215.pdf>> . Acesso em: 27 abr. 2018.

WALLING, D. E. **The changing sediment loads of the world's rivers**. Annals of Warsaw of Life Sciences – SGGW. Land Reclamation, v.39, p.3-20, 2008.

ANEXO A – Ficha de coleta de amostra de água

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
	CENTRO TECNOLÓGICO - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
	PROJETO CORRÉGO GRANDE

FICHA DE COLETA DE AMOSTRA DE ÁGUA

NOME DA ESTAÇÃO:
DATA: 10/03/2017
HORA:
Leitura da régua (cm):

ATIVIDADES REALIZADAS:

- ☐ Sistema EPOSMote (Lisha)
☐ Limpeza das réguas
☐ Limpeza dos sensores
☐ Medição de vazão
☐ Perfil transversal
☐ Fotos (vista montante e jusante, nível de água na régua e seção de medição/coleta)
☐ Coleta de amostra de água para análise de sólidos suspensos: (✓) vertical (✗) margem

Largura da seção (entre MD e ME) em cm: _____

Número da vertical (entre MD e ME)	Distância da vertical em relação a MD (cm)	Profundidade da vertical (cm)	Tempo de amostragem (s)	Estimativa do volume amostrado (ml)
			10	
			10	
			10	

AMOSTRAGEM MARGEM:

Tempo (s): 10 Volume (ml): _____

Local: _____

OBSERVAÇÕES:

--

EQUIPE (nomes):

--

ANEXO B – Protocolo da UFSC para análise de sólidos suspensos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA-AMBIENTAL
DISCIPLINA: ENS 5151 - QUALIDADE DA ÁGUA I
PROFESSORES: Willian Gerson Matias e Maria Angeles Lobo Recio
MONITORA: Grazieli Terezinha Colla
COLABORADOR: José Julio Barrios Restrepo



DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS

- 1) **GENERALIDADES:** A carga de sólidos presentes nos corpos d'água apresentam o conjunto de substâncias de natureza orgânica e inorgânica dissolvidas (resíduos fixos, portanto, menos os gases dissolvidos) e em suspensão (sedimentáveis ou não). O excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão. Já os sólidos em suspensão, provocam a turbidez da água danificando-a esteticamente, impedindo a penetração da luz.
- 2) **PRINCÍPIOS GERAIS:** Os testes para determinação das diversas formas de resíduos são de natureza empírica e não determinam substâncias químicas específicas, mas sim classes de substâncias que têm propriedades físicas e respostas à secagem e à ignição semelhantes.
- 3) **INTERFERENTES:** Os resultados de sólidos estão sujeitos a erros devido a perda de compostos voláteis durante a evaporação, perda de CO₂ e compostos minerais voláteis durante a ignição, decomposição de compostos. Os resultados de amostras que contêm quantidade elevada de óleos e graxas são duvidosos, dada a dificuldade de secagem até peso constante no intervalo de tempo razoável.
- 4) **MATERIAIS E EQUIPAMENTOS À SEREM UTILIZADOS:**
 - Proveta de 100ml;
 - Cápsula de porcelana com capacidade de 100ml;
 - Banho maria ou chapa de aquecimento;
 - Estufa até 105°C;
 - Mufla até 550°C;
 - Balança analítica;
 - Funil de Buchner;
 - Bomba de vácuo;
 - Kitassato;
 - Dessecador;
 - Garrafa metálica;
 - Papel filtro.

6) SÓLIDOS SUSPENSOS

(membrana)

- a) colocar a membrana 0,45 no aparelho de filtração e filtrar 25 ml de água destilada;
- b) colocar a membrana na placa de vidro e anotar o número na placa;
- c) colocar a placa com a membrana em estufa 103-105°C por 20 minutos;
- d) retirar da estufa e colocar no dessecador por 20 minutos;
- e) segurar a membrana com uma pinça e colocar a placa na balança, tarar a balança e colocar a membrana novamente na placa de vidro e anotar o Peso 1;
- f) colocar a tampa na placa de vidro e deixar reservado dentro do dessecador;
- g) filtrar com a membrana 25 ml da amostra;
- h) colocar a membrana com os sólidos novamente na placa e levar na estufa a 103-105°C por 20 minutos;
- i) retirar da estufa e colocar no dessecador por 20 minutos;
- j) segurar a membrana com uma pinça e colocar a placa na balança, tarar a balança e colocar a membrana novamente na placa de vidro e anotar o Peso 2.

ANEXO C – Ficha de análise laboratorial

Data da Coleta:

Data da Análise:

Responsável pela análise:

Estação	Volume coletado em Margem (ml)	Volume coletado nas verticais (ml)

Estação/Amostragem	Identificação	Peso membrana (g)	Peso membrana+amostra (g)

Observações:

